

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
29. November 2007 (29.11.2007)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2007/134916 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

B23P 15/00 (2006.01) *C23C 4/00* (2006.01)
B23H 9/10 (2006.01) *C23C 14/04* (2006.01)

10629 Berlin (DE). **MALOW, Thomas** [DE/DE]; Antoniusstr. 1, 45470 Mülheim/Ruhr (DE). **REICH, Gerhard** [DE/DE]; Holsteinische Str. 38, 10717 Berlin (DE).

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2007/053616

(74) **Gemeinsamer Vertreter: SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT**; Postfach 22 16 34, 80506 München (DE).

(22) Internationales Anmeldedatum:
13. April 2007 (13.04.2007)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
PCT/EP2006/004786 19. Mai 2006 (19.05.2006) EP

(71) **Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT** [DE/DE]; Wittelsbacherplatz 2, 80333 München (DE).

(81) **Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart):** AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

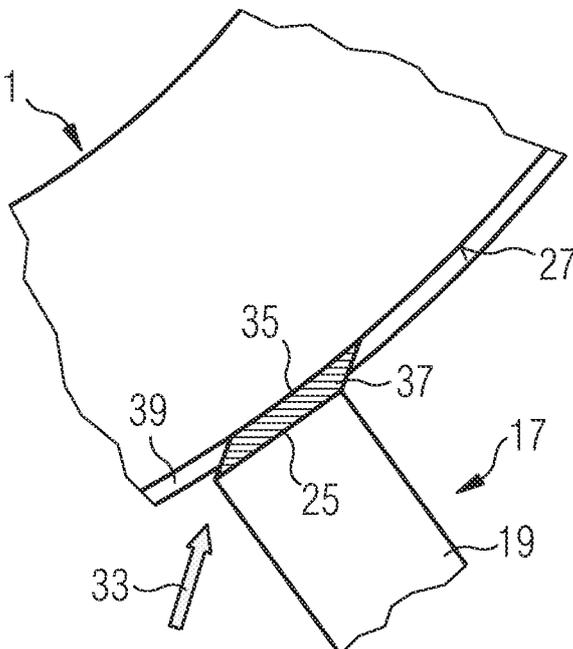
(72) **Erfinder; und**
(75) **Erfinder/Anmelder (nur für US): GEORGIEV, Viktor** [DE/DE]; Bundesallee 186/187, 10717 Berlin (DE). **LADRU, Francis-Jurjen** [NL/DE]; Mommsenstr. 33,

(84) **Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart):** ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) **Title:** METHOD FOR PREPARING A COMPONENT CONSISTING OF AN ELECTROCONDUCTIVE BASE MATERIAL IN ORDER TO CARRY OUT AN EROSIVE PROCESS

(54) **Bezeichnung:** VERFAHREN ZUM VORBEREITEN EINES BAUTEILS AUS EINEM ELEKTRISCH LEITENDEN BASISMATERIAL AUF DAS DURCHFÜHREN EINES ERODIERPROZESSES



(57) **Abstract:** The invention relates to a method for preparing a component (1) consisting of an electroconductive base material in order to carry out an erosive process. During said method, an electrically insulating coating (39) is sprayed onto the surface (27) of the base material. The areas (35) in which the erosive process is to be carried out are kept free of coating material during the spraying of the coating.

(57) **Zusammenfassung:** Es wird ein Verfahren zum Vorbereiten eines Bauteils (1) aus einem elektrisch leitenden Basismaterial auf das Durchführen eines Erodierprozesses zur Verfügung gestellt. In dem Verfahren wird eine elektrisch isolierende Beschichtung (39) auf die Oberfläche (27) des Basismaterials aufgespritzt. Diejenigen Bereiche (35), in denen der Erodierprozess durchgeführt werden soll, werden beim Aufspritzen der Beschichtung von Beschichtungsmaterial freigehalten.

WO 2007/134916 A1



EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MT, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

Veröffentlicht:

— *mit internationalem Recherchenbericht*

Verfahren zum Vorbereiten eines Bauteils aus einem elektrisch leitenden Basismaterial auf das Durchführen eines Erodierprozesses

5

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum Vorbereiten eines Bauteils aus elektrisch leitendem Basismaterial auf das Durchführen eines Erodierprozesses.

10 Thermisch hoch belastete Bauteile werden häufig mit einer wärmedämmenden Beschichtung versehen, um die Wärmebelastung der Bauteile gering zu halten. Zusätzlich werden in derartige Bauteile häufig Kühlluftbohrungen eingebracht, um das Erzeugen eines Kühlluftfilmes über dem Bauteil zu ermöglichen. Der
15 Kühlluftfilm führt zu einer weiteren Kühlung und damit zu einer weiteren Verringerung der thermischen Belastung. Insbesondere Gasturbinenschaufeln, also Lauf- oder Leitschaufeln von Gasturbinen, weisen derartige Kühlluftbohrungen und Wärmedämmbeschichtungen auf.

20

Ein gängiges Verfahren zum Herstellen der Kühlluftbohrungen in dem metallisch leitenden Basiswerkstoff der Turbinenschaufeln ist das Erodieren mit Hilfe von Erodier Elektroden. Da dieses Verfahren einen Stromfluss zwischen dem elektrisch
25 leitenden Basismaterial und den Erodier Elektroden erfordert, erfolgt das Einbringen der Kühlluftbohrungen vor dem Aufbringen der elektrisch isolierenden Wärmedämmbeschichtung.

Weil beim Aufbringen der Wärmedämmbeschichtung die bereits
30 vorhandenen Kühlluftbohrungen verschlossen werden, müssen diese nach dem Aufbringen der Wärmedämmbeschichtung wieder geöffnet werden. Das Öffnen kann bspw. mittels eines unter hohem Druck stehenden Fluids erfolgen, welches von der Innenseite der Turbinenschaufeln aus durch die Kühlluftbohrungen
35 geblasen wird. Ein derartiges Verfahren ist bspw. in JP 9158702 beschrieben. Dabei ist darauf zu achten, dass beim Durchblasen der Kühlluftbohrungen keine Beschädigung der Beschichtung in der Umgebung der Bohrungen erfolgt.

Eine weitere Vorgehensweise, um die Kühlluftbohrungen nach dem Aufbringen der Wärmedämmbeschichtung wieder zu  ffnen, besteht darin, sie vor dem Aufbringen der Wärmedämmbeschichtung mit einem Pfropfen zu verschließen. Nachdem die Wärmedämmbeschichtung aufgebracht ist, wird der Pfropfen wieder entfernt. In JP 4236757 ist ein Verfahren beschrieben, in welchem ein Pfropfen Verwendung findet, der nach dem Aufbringen der Wärmedämmbeschichtung ausgebrannt wird. Auch hierbei ist darauf zu achten, dass das Entfernen der Pfropfen die Wärmedämmschicht nicht beschädigt.

Eine Möglichkeit das  ffnen der Kühlluftbohrungen erst nach dem Aufbringen der Wärmedämmbeschichtung vorzunehmen, ist in JP 9136260 beschrieben. Nach dem Aufbringen einer Wärmedämmbeschichtung auf das Basismaterial einer Turbinenschaufel wird die Wärmedämmbeschichtung dort, wo die Kühlluftbohrungen eingebracht werden sollen, mittels eines Strahlverfahrens wieder entfernt. Anschließend werden die Kühlluftbohrungen mittels Erodier Elektroden an den freigelegten Stellen in das Basismaterial eingebracht. Beim Entfernen der Wärmedämmbeschichtung mittels des Strahlverfahrens muss jedoch äußerst sorgfältig darauf geachtet werden, dass das Strahlen nicht zu einer Beschädigung der keramischen Wärmedämmschicht außerhalb der für das Einbringen der Kühlluftbohrungen vorgesehenen Bereiche führt.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, ein vorteilhaftes Verfahren zum Vorbereiten eines Bauteils aus einem elektrisch leitenden Basismaterial auf das Durchführen eines Erodierprozesses zur Verfügung zu stellen.

Eine weitere Aufgabe ist es, ein vorteilhaftes Verfahren zum Herstellen eines Bauteils aus einem elektrisch leitenden Basismaterial mit einer elektrisch isolierenden Beschichtung und in das Basismaterial eingebrachten Ausnehmungen zur Ver-

fügung zu stellen. Diese Aufgaben werden durch ein Verfahren zum Vorbereiten eines Bauteils nach Anspruch 1 und durch ein Verfahren zum Herstellen eines Bauteils nach Anspruch 7 gelöst. Die abhängigen Ansprüche enthalten vorteilhafte Ausgestaltungen des Verfahrens.

Im erfindungsgemäßen Verfahren zum Vorbereiten eines Bauteils aus einem elektrisch leitenden Basismaterial auf das Durchführen eines Erodierprozesses wird eine elektrisch isolierende Beschichtung auf die Oberfläche des Basismaterials aufgespritzt. Diejenigen Bereiche der Bauteiloberfläche, in denen der Erodierprozess durchgeführt werden soll, werden beim Aufspritzen der Beschichtung von Beschichtungsmaterial freigehalten.

Dadurch dass die Oberfläche des Basismaterials dort, wo der Erodierprozess bspw. zum Bilden von Ausnehmungen wie etwa Kühlluftöffnungen durchgeführt werden soll, von vornherein vom Beschichtungsmaterial freigehalten wird, ist nach dem Aufbringen der Beschichtung kein Entfernen von überschüssigem Beschichtungsmaterial mehr nötig. Das Risiko, die bereits aufgebrauchte Beschichtung durch das Entfernen von Beschichtungsmaterial zu beschädigen, ist dadurch beseitigt. Außerdem lässt sich so die Zahl der Arbeitsschritte beim erosiven Einbringen von Ausnehmungen verringern, da das Entfernen der Beschichtung wegfällt, was sich kostengünstig auf das Herstellen der Bauteile auswirken kann.

Das Freihalten derjenigen Bereiche, in denen der Erodierprozess durchgeführt werden soll, ist insbesondere durch Erzeugen eines Spritzschattens möglich. Da dies berührungslos möglich ist, ist dieses Vorgehen für die zu beschichtende Oberfläche besonders schonend.

Zum Erzeugen des Spritzschattens kann während des Spritzens insbesondere eine Schablone über der Bauteiloberfläche angeordnet sein.

Diese Schablone kann auch dreidimensional ausgebildet sein. Sie hat dann bspw. eine zu der erosiv zu bildenden Ausnehmung inverse Struktur, die derart relativ zur Bauteiloberfläche und zur Spritzrichtung angeordnet wird, dass der sich erge-
5 bende Spritzschatten der Öffnungsfläche der Ausnehmung in der Oberfläche entspricht.

Es ist ebenfalls möglich, dass die Schablone mit einer geeigneten Form versehen und derart über der Bauteiloberfläche angeordnet wird, dass ein Spritzschatten mit der Geometrie
10 eines Diffusors erzeugt wird. Auf diese Weise kann der Öffnungsbereich einer später herzustellenden Kühlluftbohrung in der elektrisch isolierenden Beschichtung als Diffusor ausgebildet werden.

15

Das erfindungsgemäße Verfahren eignet sich insbesondere zum Herstellen von Turbinenschaufeln, also etwa Lauf- oder Leit-
schaufeln von Gasturbinen, auf die eine Wärmedämmbeschichtung als elektrisch isolierende Beschichtung aufgebracht wird und
20 in die mittels des Erodierprozesses Kühlluftbohrungen als Ausnehmungen eingebracht werden sollen. Da es bei Gasturbinenschaufeln in besonderem Maße auf die Integrität der Wärmedämmbeschichtung ankommt, leistet das erfindungsgemäße Verfahren einen wertvollen Beitrag, die Herstellung von Gastur-
25 binenschaufeln mit Kühlluftbohrungen zu verbessern. Als inverse Strukturen einer dreidimensionalen Schablone zum Erzeugen des Spritzschattens an den Stellen, an denen die Kühlluftbohrungen eingebracht werden sollen, können bspw. Stifte Verwendung finden. Diese Stifte können an ihren an dem
30 Bauteil anliegenden Endbereichen die inverse Form eines Diffusors haben.

Geeignete Spritzverfahren zum Aufbringen der elektrisch isolierenden Beschichtung sind insbesondere thermische Spritz-
35 verfahren. Aber auch nichtthermische Spritzverfahren, wie bspw. Kaltgasspritzen, können grundsätzlich zur Anwendung kommen.

Das erfindungsgemäße Verfahren zum Vorbereiten eines Bauteils aus einem elektrisch leitenden Basismaterial auf das Durchführen eines Erodierprozesses kann zu einem Herstellungsverfahren zum Herstellen eines Bauteils aus einem elektrisch isolierenden Basismaterial mit einer auf die Oberfläche des Basismaterials aufgetragenen elektrisch isolierenden Beschichtung und wenigstens einer in das Basismaterial durch Erodieren nach dem Aufbringen der elektrisch isolierenden Beschichtung in das Basismaterial eingebrachten Ausnehmung erweitert werden, wenn nach dem Vorbereiten des Bauteils gemäß des erfindungsgemäßen Vorbereitungsverfahrens wenigstens eine Ausnehmung mittels eines Erodierprozesses dort eingebracht wird, wo die Bauteiloberfläche von dem Beschichtungsmaterial freigehalten worden ist.

15

Weitere Merkmale, Eigenschaften und Vorteile der vorliegenden Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung eines Ausführungsbeispiels unter Bezugnahme auf die beiliegenden Figuren.

20

Fig. 1 zeigt schematisch einen Ausschnitt aus einer Laufschaufel einer Gasturbine.

25

Fig. 2 zeigt eine Schablone zum Erzeugen eines Spritzschattens während des Anspritzens einer Wärmedämmbeschichtung auf die Turbinenschaufel in einer Draufsicht auf die Anströmkante der Turbinenschaufel.

30

Fig. 3 zeigt die Turbinenschaufel aus Fig. 2 in einem Schnitt senkrecht zur Anströmkante der Turbinenschaufel.

35

Fig. 4 zeigt einen Ausschnitt aus Fig. 3 in einer vergrößerten Darstellung.

Fig. 5 zeigt Turbinenschaufel aus Fig. 3 während des Erodierprozesses zum Einbringen von Kühlluftbohrungen.

5 Fig. 6 zeigt in perspektivischer Ansicht eine Laufschaufel oder Leitschaufel einer Strömungsmaschine.

Die Figur 6 zeigt in perspektivischer Ansicht eine Laufschaufel 10
10 fel 120 oder Leitschaufel 130 einer Strömungsmaschine, die sich entlang einer Längsachse 121 erstreckt.

Die Strömungsmaschine kann eine Gasturbine eines Flugzeugs oder eines Kraftwerks zur Elektrizitätserzeugung, eine Dampf-
15 turbine oder ein Kompressor sein.

Die Schaufel 120, 130 weist entlang der Längsachse 121 aufeinander folgend einen Befestigungsbereich 400, eine daran angrenzende Schaufelplattform 403 sowie ein Schaufelblatt 406
20 und eine Schaufelspitze 415 auf. Als Leitschaufel 130 kann die Schaufel 130 an ihrer Schaufelspitze 415 eine weitere Plattform aufweisen (nicht dargestellt).

Im Befestigungsbereich 400 ist ein Schaufelfuß 183 gebildet,
25 der zur Befestigung der Laufschaufeln 120, 130 an einer Welle oder einer Scheibe dient (nicht dargestellt). Der Schaufelfuß 183 ist beispielsweise als Hammerkopf ausgestaltet. Andere Ausgestaltungen als Tannenbaum- oder Schwalbenschwanzfuß sind möglich. Die Schaufel 120, 130 weist für ein Medium, das an
30 dem Schaufelblatt 406 vorbeiströmt, eine Anströmkante 409 und eine Abströmkante 412 auf.

Bei herkömmlichen Schaufeln 120, 130 werden in allen Bereichen 400, 403, 406 der Schaufel 120, 130 beispielsweise mas-
35 sive metallische Werkstoffe, insbesondere Superlegierungen verwendet. Solche Superlegierungen sind beispielsweise aus der EP 1 204 776 B1, EP 1 306 454, EP 1 319 729 A1, WO 99/67435 oder WO 00/44949 bekannt; diese Schriften sind bzgl.

der chemischen Zusammensetzung der Legierung Teil der Offenbarung. Die Schaufel 120, 130 kann hierbei durch ein Gussverfahren, auch mittels gerichteter Erstarrung, durch ein Schmiedeverfahren, durch ein Fräsverfahren oder Kombinationen daraus gefertigt sein.

Werkstücke mit einkristalliner Struktur oder Strukturen werden als Bauteile für Maschinen eingesetzt, die im Betrieb hohen mechanischen, thermischen und/oder chemischen Belastungen ausgesetzt sind. Die Fertigung von derartigen einkristallinen Werkstücken erfolgt z.B. durch gerichtetes Erstarren aus der Schmelze. Es handelt sich dabei um Gießverfahren, bei denen die flüssige metallische Legierung zur einkristallinen Struktur, d.h. zum einkristallinen Werkstück, oder gerichtet erstarrt. Dabei werden dendritische Kristalle entlang dem Wärmefluss ausgerichtet und bilden entweder eine stängelkristalline Kornstruktur (kolumnar, d.h. Körner, die über die ganze Länge des Werkstückes verlaufen und hier, dem allgemeinen Sprachgebrauch nach, als gerichtet erstarrt bezeichnet werden) oder eine einkristalline Struktur, d.h. das ganze Werkstück besteht aus einem einzigen Kristall. In diesen Verfahren muss man den Übergang zur globulitischen (polykristallinen) Erstarrung meiden, da sich durch ungerichtetes Wachstum notwendigerweise transversale und longitudinale Korngrenzen ausbilden, welche die guten Eigenschaften des gerichtet erstarrten oder einkristallinen Bauteiles zunichte machen.

Ist allgemein von gerichtet erstarrten Gefügen die Rede, so sind damit sowohl Einkristalle gemeint, die keine Korngrenzen oder höchstens Kleinwinkelkorngrenzen aufweisen, als auch Stängelkristallstrukturen, die wohl in longitudinaler Richtung verlaufende Korngrenzen, aber keine transversalen Korngrenzen aufweisen. Bei diesen zweitgenannten kristallinen Strukturen spricht man auch von gerichtet erstarrten Gefügen (directionally solidified structures). Solche Verfahren sind aus der US-PS 6,024,792 und der EP 0 892 090 A1 bekannt; diese Schriften sind bzgl. des Erstarrungsverfahrens Teil der Offenbarung.

Ebenso können die Schaufeln 120, 130 Beschichtungen gegen Korrosion oder Oxidation aufweisen, z. B. (MCrAlX; M ist zumindest ein Element der Gruppe Eisen (Fe), Kobalt (Co), Nickel (Ni), X ist ein Aktivelement und steht für Yttrium (Y) und/oder Silizium und/oder zumindest ein Element der Seltene

5 Erden, bzw. Hafnium (Hf)). Solche Legierungen sind bekannt aus der EP 0 486 489 B1, EP 0 786 017 B1, EP 0 412 397 B1 oder EP 1 306 454 A1, die bzgl. der chemischen Zusammensetzung der Legierung Teil dieser Offenbarung sein sollen. Die Dichte liegt vorzugsweise bei 95% der theoretischen Dichte. Auf der MCrAlX-Schicht (als Zwischenschicht oder als äußerste Schicht) bildet sich eine schützende Aluminiumoxidschicht (TGO = thermal grown oxide layer).

15

Auf der MCrAlX kann noch eine Wärmedämmschicht vorhanden sein, die vorzugsweise die äußerste Schicht ist, und besteht beispielsweise aus ZrO_2 , $Y_2O_3-ZrO_2$, d.h. sie ist nicht, teilweise oder vollständig stabilisiert durch Yttriumoxid und/oder Kalziumoxid und/oder Magnesiumoxid. Die Wärmedämmschicht bedeckt die gesamte MCrAlX-Schicht.

Durch geeignete Beschichtungsverfahren wie z.B. Elektronenstrahlverdampfen (EB-PVD) werden stängelförmige Körner in der Wärmedämmschicht erzeugt. Andere Beschichtungsverfahren sind denkbar, z.B. atmosphärisches Plasmaspritzen (APS), LPPS, VPS oder CVD. Die Wärmedämmschicht kann poröse, mikro- oder makrorissbehaftete Körner zur besseren Thermoschockbeständigkeit aufweisen. Die Wärmedämmschicht ist also vorzugsweise poröser als die MCrAlX-Schicht.

30

Wiederaufarbeitung (Refurbishment) bedeutet, dass Bauteile 120, 130 nach ihrem Einsatz gegebenenfalls von Schutzschichten befreit werden müssen (z.B. durch Sandstrahlen). Danach erfolgt eine Entfernung der Korrosions- und/oder Oxidationsschichten bzw. -produkte. Gegebenenfalls werden auch noch Risse im Bauteil 120, 130 repariert. Danach erfolgt eine Wiederbeschichtung des Bauteils 120, 130 und ein erneuter Einsatz des Bauteils 120, 130.

35

Die Schaufel 120, 130 kann hohl oder massiv ausgeführt sein.

Wenn die Schaufel 120, 130 gekühlt werden soll, ist sie hohl
5 und weist ggf. noch Filmkühlöffnungen 418 (gestrichelt angedeu-
tet) auf.

Fig. 1 zeigt in einer schematisierten Darstellung einen Aus-
10 schnitt aus einer Laufschaufel einer Gasturbine. Die Lauf-
schaufel 1 besteht aus einem metallischen Basismaterial und
weist eine Anströmkante 3 und eine Abströmkante 5 auf, zwi-
schen denen sich eine Druckseite 7 und eine Saugseite 9
erstrecken. In der Druckseite 7 sowie in der Saugseite 9 sind
15 Kühlluftbohrungen 11, 13, 15 angeordnet, durch die während
des Betriebs der Gasturbine Kühlluft ausgeblasen wird, die
sich als Kühlluftfilm um die Turbinenschaufel 1 legt.

Die Turbinenschaufel 1 ist zur thermischen Isolation gegen
20 die sie im Betrieb der Gasturbinenanlage umströmenden heißen
Abgase mit einer Wärmedämmbeschichtung versehen. Die Wärme-
dämmbeschichtung wird mittels eines Spritzverfahrens aufge-
bracht. Im vorliegenden Ausführungsbeispiel kommt atmosphäri-
sches Plasmaspritzen zur Anwendung, welches ein spezielles
25 thermisches Spritzverfahren ist.

Erfindungsgemäß wird beim Herstellen der in Fig. 1 darge-
stellten Turbinenschaufel zuerst die keramische Wärmedämm-
schicht aufgebracht, bevor die Kühlluftbohrungen 11, 13, 15
30 mittels Erodierbohrens in das metallische Basismaterial der
Turbinenschaufel 1 eingebracht werden. Da das Erodierbohren
eine Gegenelektrode zur Erodiererelektrode benötigt, kann die
keramische Wärmedämmschicht mit diesem Verfahren nicht durch-
bohrt werden.

35

Um das Aufbringen von keramischer Wärmedämmbeschichtung auf
diejenigen Oberflächenbereiche, welche später die Austritts-
öffnungen der Kühlluftbohrungen 11, 13, 15 bilden, zu unter-

binden, wird während des Aufspritzens der Beschichtung eine Schablone 17 über der Oberfläche 27 der Turbinenschaufel 1 angeordnet, wie dies in den Figuren 2 bis 4 gezeigt ist. Die Schablone 17 ist mit einer Anzahl von Stiften 19 ausgestattet, die an einem Träger 21 befestigt sind. Der Träger geht in einen Halter 23 über, an den die Schablone 17 während des Spritzens gehalten wird. Die Schablone 17 wird vor Beginn des Spritzens so an die Oberfläche der noch unbeschichteten Turbinenschaufel 1 angehalten, dass sich die Spitzen 25 der Stifte mit sehr geringem Abstand über der Oberfläche 27 der Turbinenschaufel 1 befinden (vgl. Fig.4).

Das Verspritzen des Keramikmaterials erfolgt mit Hilfe einer Spritzdüse 29, von der aus das Keramikmaterial in eine Spritzrichtung 33 verspritzt wird. Das die Spritzdüse 29 verlassende Keramikmaterial bildet einen Spritzkegel 31, der eine um die Spritzrichtung 33 der Spritzdüse 29 weitgehend symmetrische Materialverteilung darstellt. Auf Grund der großen räumlichen Nähe der Stifte 19 zur Oberfläche 27 der Turbinenschaufel bildet sich zwischen den Spitzen 25 der Stifte 19 und bestimmten Bereichen 35 der Oberfläche 27 ein Spritzschatten 37 aus. Im vom Spritzschatten bedeckten Bereich 35 der Oberfläche 27 kann das verspritzte Keramikmaterial die Oberfläche 27 nicht erreichen. Dieser Bereich wird daher während des Spritzprozesses nicht beschichtet.

Nachdem die keramische Wärmedämmbeschichtung 39 auf die Oberfläche 27 der Turbinenschaufel 1 aufgebracht worden ist, verbleiben die im Spritzschatten gelegenen Bereiche 35 unbedeckt. Zudem sind beim Beschichten die Stifte 19 und die Spritzrichtung 33 derart relativ zueinander orientiert, dass die unbeschichteten Bereiche 35 in ihrer Form genau der Form der Austrittsflächen der zu bildenden Kühlluftbohrungen 11, 13, 15 in der Bauteiloberfläche entsprechen.

35

Es ist ebenfalls möglich eine Schablone 17 mit einer geeigneten Form zu versehen und sie derart relativ zu der Spritzeinrichtung 33 auf der Turbinenschaufel 1 anzuordnen, dass

Spritzschatten mit der Geometrie eines Diffusors erzeugt werden. Dazu können beispielsweise die auf der Turbinenschaufel 1 aufliegenden Endbereiche der Stifte 19 der Schablone 17 die inverse Form eines Diffusors aufweisen. Je nachdem welche An-
5 ordnung der Schablone 17 zu der Spritzeinrichtung 33 vorgesehen ist, muss die Form der Stifte 19 abweichend von der Form eines idealen inversen Diffusors ausgebildet sein.

Nachdem die Turbinenschaufel 1 so für den Erodierprozess vor-
10 bereitet worden ist, werden die Erodier Elektroden 41 an die unbeschichteten Bereiche 35 herangeführt und das Erodierbohren gestartet. Im Laufe des Erodierprozesses werden die Erodier Elektroden 41 (s. Fig.5) immer weiter in das Basismaterial 43 nachgeführt, so lange bis dieses durchbrochen und
15 eine zentrale Kavität 45 der Turbinenschaufel 1 erreicht ist. Nach dem Erreichen der zentralen Kavität 45 ist die entsprechende Kühlluftbohrung fertig gestellt.

Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren können Kühlluftbohrungen
20 nach dem Aufbringen einer keramischen Wärmedämmbeschichtung in die Turbinenschaufeln eingebracht werden. Das Entfernen von keramischer Wärmedämmbeschichtung an den Stellen an denen die Kühlluftbohrungen eingebracht werden sollen, ist nicht notwendig. Die keramische Wärmedämmbeschichtung 39 bleibt da-
25 her nach dem Aufbringen unverändert, so dass das Risiko einer Beschädigung der Wärmedämmbeschichtung durch lokales Entfernen nicht besteht.

Das erfindungsgemäße Verfahren wurde am Beispiel des Vorbe-
30 reitens von Turbinenschaufeln auf das Einbringen von Kühlluftbohrungen mittels Erodierbohren beschrieben. Es kann jedoch auch zum Einbringen anderer Ausnehmungen, bspw. Nuten, Verwendung finden. Diese können dann etwa mittels eines Senkprozesses als dem Erodierprozess in die Bauteiloberfläche
35 eingebracht werden.

Auch braucht das Bauteil keine Turbinenschaufel zu sein. Die Erfindung lässt sich grundsätzlich zum Vorbereiten und Her-

stellen solcher Bauteile anwenden, die aus einem elektrisch leitenden Basismaterial bestehen und die nach Fertigstellung eine elektrisch isolierende Oberflächenbeschichtung und Ausnehmungen im Basismaterial aufweisen sollen. Als Ausnehmungen
5 kommen Sack- oder Durchgangsbohrungen, Nuten, etc. in Betracht.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Vorbereiten eines Bauteils (1) aus einem
5 elektrisch leitenden Basismaterial auf das Durchführen
eines Erodierprozesses,
wobei eine elektrisch isolierende Beschichtung (39) auf die
Oberfläche (27) des Basismaterials aufgespritzt wird,
10 dadurch gekennzeichnet, dass

diejenigen Bereiche (35), in denen der Erodierprozess
durchgeführt werden soll, beim Aufspritzen der Beschichtung
von Beschichtungsmaterial freigehalten werden.
15
2. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, dass
20 das Freihalten durch Erzeugen eines Spritzschattens (37)
erfolgt.
3. Verfahren nach Anspruch 2,
25 dadurch gekennzeichnet, dass

zum Erzeugen des Spritzschattens (37) eine Schablone (17)
über der Bauteiloberfläche (27) angeordnet wird.

30

35

4. Verfahren nach Anspruch 3,
dadurch gekennzeichnet, dass

5 die Schablone (17) eine zu den Ausnehmungen inverse Struktur (19) aufweist,
die derart relativ zur Bauteiloberfläche (27) und zur Spritzrichtung (33) angeordnet wird,
dass der sich ergebende Spritzschatten (37) der Öffnungsfläche der Ausnehmung in der Oberfläche (27) entspricht.

10

5. Verfahren nach Anspruch 3,
dadurch gekennzeichnet, dass

15 die Schablone mit einer geeigneten Form versehen und derart über der Bauteiloberfläche angeordnet wird, dass ein Spritzschatten mit der Geometrie eines Diffusors erzeugt wird.

20

6. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass

25 das Bauteil eine Turbinenschaufel (1) ist, auf die eine Wärmedämmbeschichtung als elektrisch isolierende Oberflächenbeschichtung aufgebracht wird und dass zum Erzeugen des Spritzschattens (37) Stifte (19) als inverse Struktur für Kühlluftbohrungen Verwendung finden.

30

7. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass

das Spritzverfahren ein thermisches Spritzverfahren ist.

35

8. Verfahren zum Herstellen eines Bauteils (1) aus einem elektrisch leitenden Basismaterial mit einer auf die Oberfläche (27) des Basismaterials aufgetragenen elektrisch isolierenden Beschichtung (39) und wenigstens einer in das Basismaterial durch einen Erodierprozess nach dem Aufbringen der elektrisch isolierenden Beschichtung (39) eingebrachten Ausnehmung, dadurch gekennzeichnet, dass
- das Bauteil (1) dem Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6 unterzogen wird, bevor die Ausnehmungen mittels eines Erodierprozesses dort eingebracht werden, wo die Bauteiloberfläche von dem Beschichtungsmaterial frei gehalten worden ist.

FIG 1

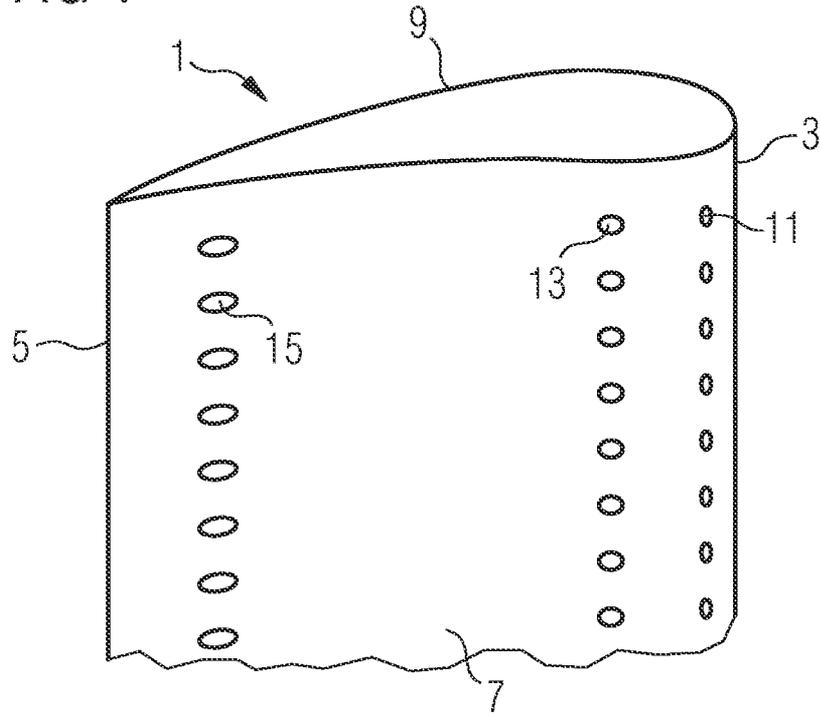


FIG 2

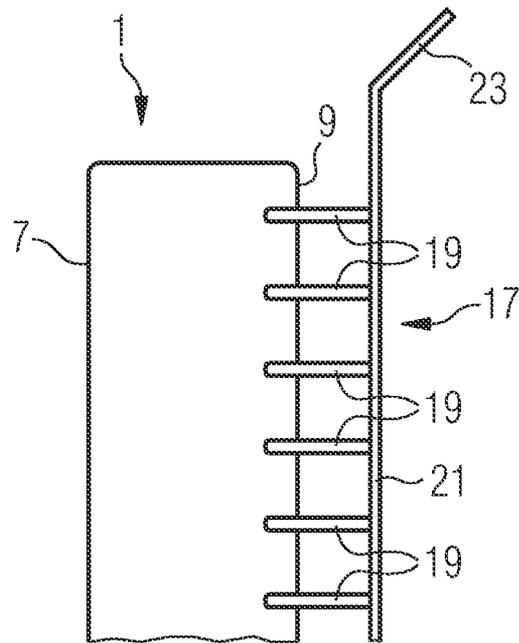


FIG 3

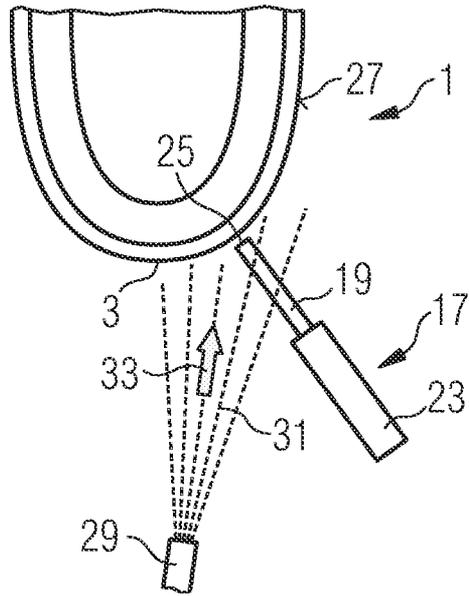


FIG 4

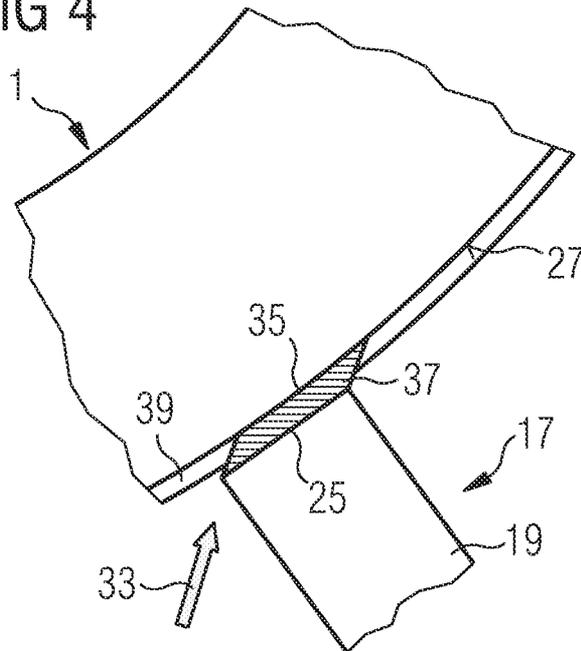


FIG 5

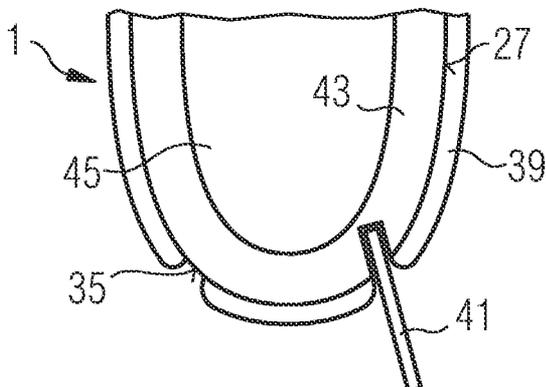


FIG 6

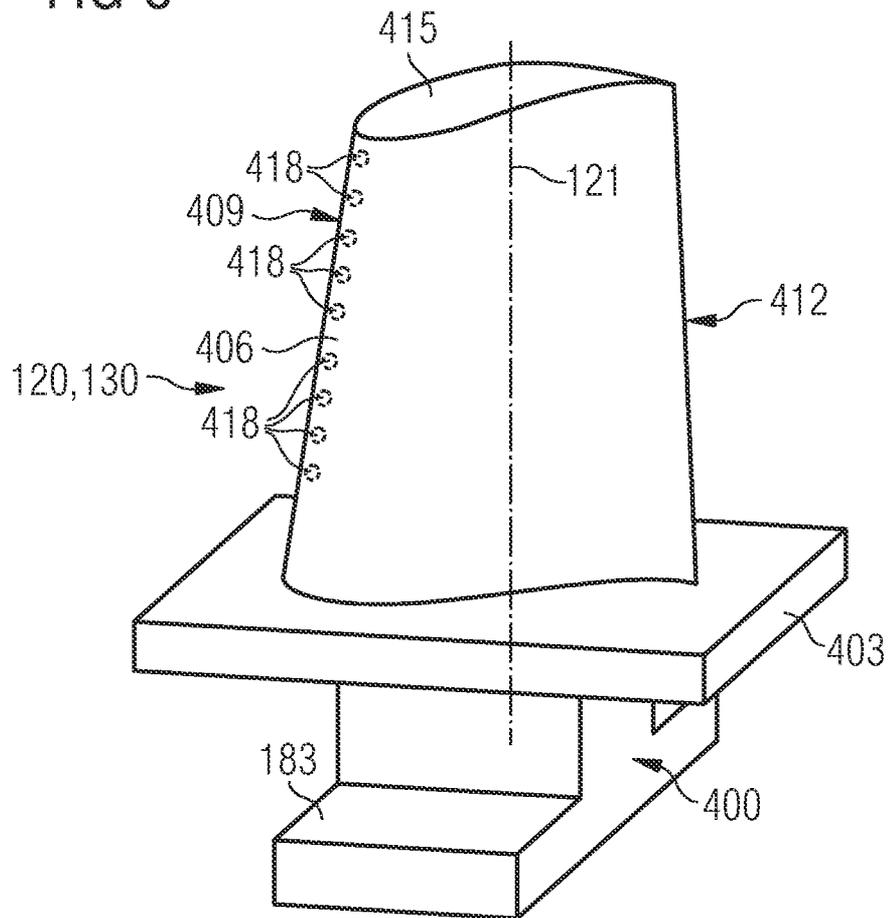


FIG 7

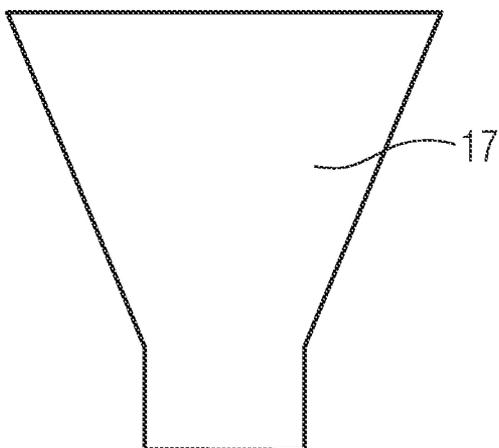
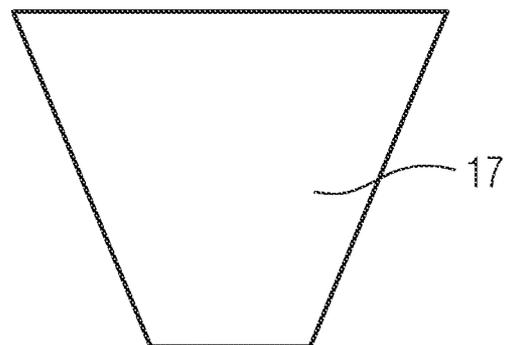


FIG 8



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2007/053616

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

INV. B23P15/00 B23H9/10
ADD. C23C4/00 C23C14/04

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
C23C B05B F01D B23P B26F B23H

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1997, no. 09, 30 September 1997 (1997-09-30) -& JP 09 136260 A (MITSUBISHI HEAVY IND LTD), 27 May 1997 (1997-05-27) cited in the application abstract; figures	1-8
A	EP 1 437 191 A (SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT) 14 July 2004 (2004-07-14) paragraphs [0011], [0013], [0016], [0020] figures	1-8

 Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- *&* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

12 July 2007

Date of mailing of the international search report

01/08/2007

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

SERGIO DE JESUS, E

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2007/053616

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	EP 0 668 368 A (MITSUBISHI JUKOYO KABUSHIKI KAISHA) 23 August 1995 (1995-08-23) column 3, line 33 - column 4, line 1 claims 6,7; figures -----	1-8
A	EP 0 908 538 A (GENERAL ELECTRIC COMPANY) 14 April 1999 (1999-04-14) paragraphs [0009], [0014] - [0016], [0018]; figures -----	1-8
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 016, no. 584 (C-1013), 24 December 1992 (1992-12-24) & JP 04 236757 A (MITSUBISHI HEAVY IND LTD), 25 August 1992 (1992-08-25) cited in the application abstract -----	1-8
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1997, no. 10, 31 October 1997 (1997-10-31) & JP 09 158702 A (ISHIKAWAJIMA HARIMA HEAVY IND CO LTD; EBARA CORP), 17 June 1997 (1997-06-17) cited in the application abstract -----	1-8

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2007/053616

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
JP 09136260	A	27-05-1997	NONE	
EP 1437191	A	14-07-2004	WO 2004062841 A1	29-07-2004
EP 0668368	A	23-08-1995	DE 69509155 D1	27-05-1999
			DE 69509155 T2	23-09-1999
			JP 3170135 B2	28-05-2001
			JP 7229402 A	29-08-1995
			US 5621968 A	22-04-1997
EP 0908538	A	14-04-1999	DE 69800885 D1	12-07-2001
			DE 69800885 T2	28-03-2002
			JP 3326121 B2	17-09-2002
			JP 11158684 A	15-06-1999
			US 6258226 B1	10-07-2001
			US 5985122 A	16-11-1999
JP 04236757	A	25-08-1992	NONE	
JP 09158702	A	17-06-1997	JP 3657331 B2	08-06-2005

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

INV. B23P15/00 B23H9/10
 ADD. C23C4/00 C23C14/04

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
 C23C B05B F01D B23P B26F B23H

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN Bd. 1997, Nr. 09, 30. September 1997 (1997-09-30) -& JP 09 136260 A (MITSUBISHI HEAVY IND LTD), 27. Mai 1997 (1997-05-27) in der Anmeldung erwähnt Zusammenfassung; Abbildungen	1-8
A	EP 1 437 191 A (SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT) 14. Juli 2004 (2004-07-14) Absätze [0011], [0013], [0016], [0020] Abbildungen	1-8

Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

A Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

E älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

L Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

O Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

P Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

T Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

Y Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

Z Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

12. Juli 2007

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

01/08/2007

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde
 Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
 NL - 2280 HV Rijswijk
 Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
 Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

SERGIO DE JESUS, E

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	EP 0 668 368 A (MITSUBISHI JUKOGYO KABUSHIKI KAISHA) 23. August 1995 (1995-08-23) Spalte 3, Zeile 33 - Spalte 4, Zeile 1 Ansprüche 6,7; Abbildungen	1-8
A	EP 0 908 538 A (GENERAL ELECTRIC COMPANY) 14. April 1999 (1999-04-14) Absätze [0009], [0014] - [0016], [0018]; Abbildungen	1-8
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN Bd. 016, Nr. 584 (C-1013), 24. Dezember 1992 (1992-12-24) & JP 04 236757 A (MITSUBISHI HEAVY IND LTD), 25. August 1992 (1992-08-25) in der Anmeldung erwähnt Zusammenfassung	1-8
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN Bd. 1997, Nr. 10, 31. Oktober 1997 (1997-10-31) & JP 09 158702 A (ISHIKAWAJIMA HARIMA HEAVY IND CO LTD; EBARA CORP), 17. Juni 1997 (1997-06-17) in der Anmeldung erwähnt Zusammenfassung	1-8

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2007/053616

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
JP 09136260	A	27-05-1997	KEINE		
EP 1437191	A	14-07-2004	WO	2004062841 A1	29-07-2004
EP 0668368	A	23-08-1995	DE	69509155 D1	27-05-1999
			DE	69509155 T2	23-09-1999
			JP	3170135 B2	28-05-2001
			JP	7229402 A	29-08-1995
			US	5621968 A	22-04-1997
EP 0908538	A	14-04-1999	DE	69800885 D1	12-07-2001
			DE	69800885 T2	28-03-2002
			JP	3326121 B2	17-09-2002
			JP	11158684 A	15-06-1999
			US	6258226 B1	10-07-2001
			US	5985122 A	16-11-1999
JP 04236757	A	25-08-1992	KEINE		
JP 09158702	A	17-06-1997	JP	3657331 B2	08-06-2005